Digitaliseret af | Digitised by

DET KGL. BIBLIOTEK
Royal Danish Library

Forfatter(e) | Author(s): Ørsted, Hans Christian; af H. C. Ørsted.
Titel | Title: Forsøg over Klangfigurerne
Udgivet år og sted | Publication time and place: Kiøbenhavn : trykt hos Sebastian Popp, 1809
Fysiske størrelse | Physical extent: 32 s., 4 tav.

DK

Materialet er fri af ophavsret. Du kan kopiere, ændre, distribuere eller fremføre værket, også til kommercielle formål, uden at bede om tilladelse. Husk altid at kreditere ophavsmanden.

UK

The work is free of copyright. You can copy, change, distribute or present the work, even for commercial purposes, without asking for permission. Always remember to credit the author.

PUBLIC DOMAIN

20, - 173.
4°
DET KONGELIGE BIBLIOTEK
130021542459
BIBLIOTHECA REGIA HAFNIENSIS

FORSÖG

OVER

KLANGFIGURERNE

AF

H. C. ÖRSTED,

DOCTOR I PHILOSOPHIEN OG PROFESSOR I PHYSIKEN.

Særskildt aftrykt af Videnskabernes Selskabs-Skrifter.

Kiöbenhavn, 1809.

Trykt hos Sebastian Popp, Bogtrykker og Skriftstöber.

BIBLIOTHECA REGIA HAFNIENSIS

De Figurer som fremkomme paa bestövede Overflader, af elastiske Legemer, naar i dem opvækkes Toner, have allerede udbredt meget Lys over Lydens Theorie, men frembyde derhos saa mange hidindtil uforklarlige Særsyn, saa mange Spor af uopdagede Hemmeligheder, at Naturgrandskeren umueligt med Rolighed kan betragte dem. Jeg har ved en Rekke af mange hundrede Forsög, stræbt, at komme noget nærmere paa Spor efter den indre Mechanismus, i disse mærkværdige Phænomener, og troer nu at have bragt mine Undersögelser til det Punkt, at jeg tör vove at fremlægge andre Naturgrandskere dem til Prövelse. Jeg troer med Billighed, at turde bede dem om, ikke at nöies med den blotte Giennemlæsning af de fölgende Undersögelser, men at de selv ville anstille de vigtigste Forsög, hvorpaa jeg beraaber mig, en Begiæring, jeg saa meget mere tör haabe opfyldt, som Forsögene hverken ere kostbare eller vanskelige.

Jeg sammenknytter denne Undersögelse umiddelbart med de Opdagelser vi skylde den skarpsindige *Chladni*, hvis Fortienester af Tonernes Physik har forskaffet ham en varig Plads i Naturvidenskabens Historie.

De sex förste Figurer paa den förste Tavle forestiller nogle af de simpleste Klangfigurer, saaledes som *Chladni* selv har fremstillet dem i sin *Akustik*. Han frembringer disse paa Glasskiver, som han beströer med Sand eller stödt Marmor, hvorpaa han stryger dem med en Violinbue, saaledes at derved frembringes en Tone, hvilken da altid er ledsaget med en Figur. Forklaringen herover er denne:

Visse Steder af Tavlen er hvilende, medens de övrige bevæge sig, Stövet kastes af de bevægede Steder hen paa de hvilende. De hvilende Steder, eller de saakaldte Svingningsknuder, ere altsaa den som danne Klangfiguren. Understötter man Tavlen i det midterste Punkt af hver af Sidelinierne, som i Fig. 1 Tab. 1 ere betegnede med *a*, *b*, *c*, og *d*, saa forblive de rette Linier imellem disse Punkter *ad* nemlig og *bc* i Hvile, hvilken Tone man end frembringer paa Tavlen. Stryges den nær ved Hiörnet *e*, saa fremkommer Fig. 1, stryger man derimod nærmere *b* end *e*, saa fremkommer Fig. 4. Man kan lade et af Punkterne, f. Ex. *c*, være uunderstöttet og Udfaldet bliver det samme, fordi den hvilende Linie *bc* allerede bestemmes ved *b*, og de to andre Punkter *a* og *d*. Er Tavlen (som i Figur 2) understöttet i Hiörnerne, og man stryger i Midten ved *e*, saa ere Diagonalerne *ad* og *bc* hvilende Linier; og danne Klangfiguren, Stryger man

derimod nærmere *c* eller *d*, saa erholder man atter den fierde Figur. Holder man Tavlen i Midten imellem to Fingre, saaledes at Kanten ingensteds rörer Haanden, saa erholder man den förste Figur, naar man stryger paa et Hiörne og den anden naar man stryger paa Midten. Heraf seer man hvad desuden er let at begribe, at ikke hele Tavlen kan svinge paa een Gang, naar den holdes i Midten. Man betragte kun den anden Figur. Naar denne stryges i *e*, saa böies Kanten der stærkest frem og tilbage, og derimod mindre og mindre, jo nærmere man kommer Hiörnerne *c* og *d* hvor Svingningen kan ansees for Nul. Svingningen er altsaa her gandske den samme, som om Hiörnerne selv vare understöttede, ligesom ogsaa omvendt Midtpunktet er hvilende, naar Hiörnerne ere understöttede. Den samme Slutnings Maade lader sig let anvende paa de övrige Figurer. Stryges Tavlen i Figur 1, i *e*, eller nær derved, saa maae den rette Linie imellem *b* og *d* sammenlignes med *cd* i Fig. 2, og paa samme Maade maae den rette Linie imellem *b* og *d* betragtes i Fig 5. Kort alle disse, og de övrige Figurer, forklares af det Grundexperiment, at naar en aliqvot Deel af en spændt Stræng er understöttet i et af sine Endepunkter, og da anslaaes til Tone, saa zittrer enhver af de andre aliqvote Dele med, som om de ogsaa vare understöttede, dog saaledes i afvexlende Orden, at mellem hver svingende Deel bliver et Hvilepunkt, en Svingningsknude. Dette er omtrent den Forestilling man hidintil har giort sig om Klangfigurerne. Til denne er det at jeg vil knytte mine fölgende Undersögelser.

Det ligger i Naturens Uendelighed, at ingen Iagttager kan opdage alt det som ligger i et Forsög. At forstaae et Forsög

gandske fuldkomment, vilde være det samme som at have fundet Nöglen til hele Naturen. Det kan altsaa heller ikke lægges Klangfigurernes skarpsindige Opdager til Last, om han ikke har iagttaget alt det i sine Forsög, som virkeligen ligger deri. Har ikke selv *Newton* i sine mesterlige Undersögelser, angaaende de prismatiske Farver, overseet adskillige vigtige Særsyn, som ligeledes giennem et heelt Aarhundrede undgik hans Efterfölgeres Opmærksomhed, indtil *Herschels* og *Ritters* Forsög oplyste os derom. Jeg anmærker dette, af skyldig Opmærksomhed for en Mand, som Videnskaben har at takke for et saa betydelig Fremskridt, og haaber, efter en saadan Erklæring, desto friere at torde modsige eller berigtige min Forgiænger. Jeg tör dette saa meget mere, som her, i det Hele taget, langt mere handles om en Udvidelse end om en blot Berigtigelse.

Efter den Maade hvorpaa *Chladni* aftegner sine Figurer, hvoraf sees en troe Copie i de 6 förste Figurer, skulde man troe at Figurerne 1 til 5 bestode af rette Linier som skiære hinanden. Dette er ikke Tilfældet i Virkeligheden; *ahb*, *ahc*, *chd*, *bhd*, (Fig. 1, 2, 5,) ere ikke, som det synes, Vinkler, men Hyperboler, som möde hinanden. De Vinkler, som sees i Fig. 3 og 4, ere ligeledes i Virkeligheden Hyperboler, som have modstaaende Toppunkter. Man seer disse Figurer aftegnede efter Virkeligheden i de 8 förste Figurer paa anden Tavle.

For at fremstille disse Figurer i deres störste Renhed, understötter jeg ikke Tavlen i et af Skiæringens Punkterne, som *Cladni* pleier men i Kanterne. I Fig. 1 og 2 lægger jeg f. Ex. *a*

paa Tommelfingeren, *d* paa Mellemfingeren og *b* paa den næst sidste Finger, hvorpaa jeg stryger ved *e*. Holder man Fingeren i Midtpunktet, saa seer man kun at Klanglinierne ere afbrudte, men man opdager ikke det sande Forhold. Selv i Figurer, hvor der findes flere Sammenstödspunkter, troer man dog at Störrelsen af den Flade, hvori Linierne mödes, kommer deraf at den corresponderende Flade man havde dæmpet var saa stor.

Jeg benytter mig i Almindelighed af Metalskiver i Stedet for Glas. Disse ere ikke udsatte for at synderbrydes, de kunne lættere erholdes regulaire, og de vedligeholde længere Klangen end Glasskiverne. Paa en Metalskive kan man derfor erholde en meget skiön Figur, naar man ströer Sand paa Skiven efterat Tonen allerede ere frembragt. Jeg finder ikke at Sandet er det tienligste Middel til at fremstille Klangfigurerne. Det har en betydelig Elasticitet og springer derfor i en Hast fra et Sted af den zittrende Tavle til et andet. Heraf kommer det, at man ved dette Middel frembringer Figurerne med en Hastighed som var de fremkaldte ved en Tryllestav, hvilket vel forlyster Öyet, men ikke tillader Undersögeren at iagttage Virkningens Natur. Jeg benytter mig derfor hellere til disse Forsög af fiin Jernfiilspaan, af Metalkalke, af Hexemeel o. s. v., alt efter det forskiellige Öiemed. Hver af disse Pulvere har sine eiendommelige Fordele. Hexemelet viser, som vi i det fölgende skal faae at see, fuldkommenst enhver Deel af Phænomenet, baade ved at giöre Oscillationer kiendelige, som slet ikke antydes ved andre Pulvere, som ogsaa ved at vise dem saa langsomt, at Öiet beqvemt kan fölge dem. Til hastige Forsög derimod, og hvor man blot vil be-

stemme Totalsvingningernes Natur, ere de andre Pulvere at foretrække. Sandets Elasticitet giör det især skikket til de allerhastigste Forsög, og frem for alt hvor man vil forlyste Öjet. Fiin Jernfilspaan giver meget regelmessigere Resultater. Pulveriseret Blye er af alle tungere Pulvere det fortrinligste, fordi det giver Linierne med en Skarphed som intet andet Pulver. Dets Tyngde og Mangel paa Elasticitet giör at det nöiagtig bliver liggende hvor det falder. Uagtet denne Fordeel har jeg dog ikke tit benyttet mig af dette Pulver, fordi jeg tydeligt kunde mærke, at jeg fik noget i Mund og Næse, hvilket kunde frembringe skadelige Fölger.

Jeg vil begynde med at vise hvad man opdager ved Hielp af de grovere Pulver. Uagtet det grovere Stöv hurtigere sættes i Bevægelse end det finere, saa danner Klangfiguren sig dog ikke ved et Strög, med mindre dette skulde være overordentligt stærkt, og Skiven meget elastisk. I förste Figur paa anden Tavle seer man en saadan Klangfigur efter förste eller andet Strög. I den anden Figur seer man den derimod fuldendt. Man seer altsaa, at Hyperbolernes Toppunkter nærme sig hinanden mere og mere ved de gientagne Strög, dog bringer man aldrig Buerne til gandske at forsvinde. I den 3die Figur paa anden Tavle seer man atter en begyndende Figur, i den 4de derimod en fuldendt. Den 7de Figur er atter en begyndende Figur, den 8de en fuldendt. Den 5te og 6te ere i Begyndelsen alt for utydelige, og fremstilles derfor kun fuldendte. Et Öjekast viser let til hvilke af de Chladniske Tegninger paa förste Tavle enhver af dem svarer.

De Klanglinier, som svare til Fig. 1, 2 og 5 har jeg i Særdeleshed nöie udmaalt. Jeg bruger dertil en qvadratisk Mes-

singskive af 4 Tommers Sidelinie og af næsten en Linies Tykkelse. Ved Linier, parallele med Siderne, er den inddeelt i 1600 Qvadrater. Naar Figurerne 1 og 2 anden Tavle frembringes derpaa, saa ere de Linier som dele to modstaaende Sider i to lige Dele Asymptoter, og deres Overskiærings Punkt, disses Begyndelse. Dette er forestillet i Fig. 7 (Tab. 1) hvor *ab*, *ac*, *ad*, *ae*, ere Asymptoter til de ligesidede Hyperboler *bhe*, *bgd*, *ekc* og *cld*. De Linier som staae lodrette paa Asymptoterne maale Afstanden mellem disse og de hyperboliske Linier. Vel angive kun disses Afdelinger Afstandene i Linier; men med nogen Övelse er det meget let, ved det blotte Öiemaal at bestemme halve og fierdedeels Linier, ja vel endnu mindre Dele. Hvor Afstandene blive mindre end en Linie, kan vel Maalet ikke falde saa nöiagtigt ud, men der hvor dette finder Sted, komme Hyperbolens Been allerede den rette Linie saa nær, at man kan ansee dem parallele med Asymptoterne. Man finder i övrigt overalt, hvor Maalet kan erholde den behörige Nöiagtighed, at de Linier som forestille Ordinaterne staae i omvendt Forhold til Abscisserne, saaledes som Hyperbolens Natur medförer det. I Fig. 8 ere *bc* og *de* Hyperbolernes Axer, og de Linier som staae lodrette paa hver ere Ordinater for de tilhörende Hyperboler. Man kan altsaa let bestemme om Qvadraterne af Ordinaterne forholde sig som Producterne af Afstandene fra Hyperbolens Toppunkter. Figurerne 7 og 8 (Tab. 2) har jeg frembragt paa Glas, og derpaa udmaalt dem, ved at lægge Skiven over den inddeelte Metalplade. De övrige har jeg undersögt ved at lægge Hyperboler, som vare udskaarne i Papiir derover, og altid fundet den hyperboliske Form i Klanglinien. Dog maae jeg tilstaae at denne sidste Methode er min-

dre nöiagtig. Jeg agter derfor i nærværende Afhandling at holde mig til hine nöiere bestemte Figurer; hvilke tillige udtrykke de meest enkelte Tilfælde, og lover i Fremtiden, at levere Undersögelser over de mere sammensatte Forhold, hvilke naturligviis maae finde deres Forklaring af de mere enkelte.

Da jeg önsker at disse Forsög maatte vorde gientagne af Mange, saa vil jeg til den allerede temmelig udförlige Beskrivelse endnu föie nogle Bemærkninger. Stövlinierne dannes sielden saa fuldstændigt i disse Forsög, at man kan bestemme hvert et Punkt deri. Især hænder det meget ofte at lidt Stöv er blevet klæbende paa Steder af Tavlen, hvor man ikke veed om man skal henföre det til Figuren eller ei. Ligeledes hændes det ofte, at der ikke er Stöv nok paa ethvert Sted af Overfladen, saa der kommer afbrudte Steder i Figuren, man maae derfor rense Tavlen meget vel förend man beströer den. Toppunkterne af Hyperbolerne erholdes vanskeligst fuldstændige, naar Tavlen er jevnt beströet; men naar man beströer den noget tykkere i Midten saa opnaaer man bedre Hensigten. Da Metaltavlen ved sin Glands blænder, især da det er nödvendigt at oplyse den vel, for at bemærke Stövliniernes Grændser, saa kan man anvende fölgende Kunstgreb: man bestöver Tavlen med Hexemeel efter at Figuren er frembragt ved et grovere Pulver, vender Pladen om og slaaer sagte derpaa. Det grovere Pulver vil da falde af, og det finere Hexemeel vil blive tilbage. De blanke Metallinier fremvise altsaa klart, og med temmelig Skarphed, Klangfigurerne. Meget ofte viser kun den ene Klanglinie sig med fuldkommen skarpe Træk, men man kan da udmaale denne, og anvende det Opdage-

de paa den ligeoverfor staaende Deel, hvor man vil finde Maalet passende paa de Steder, hvor Undersögelsen er muelig. Undertiden er det vanskeligt at bestemme Toppunktet, uagtet Figuren ellers er temmelig skarpt begrændset. Man giör derfor bedst, för Undersögelsen, at beregne Ordinaterne for forskiellige Afstande mellem Toppunkterne, som kunde forekomme paa Tavlen. Man kan da let af nogle faa Ordinaters Störrelser og Afstande fra Toppunkterne bestemme, hvilken Afstanden mellem Toppunkterne er. Den blotte Mathematiker vil maaskee finde, det som jeg her har angivet for omstændeligt; men jeg tör forsikre at man i Praxis vil finde sig vel ved denne Methode, fordi den giör Bemærkningerne over de ofte slövtbegrændsede Figurer meget lettere.

Efter alle disse Bemærkninger troer jeg vel at turde skride til Forklaringen over Grundphænomenet, hvortil jeg vælger den Figur som fremstilles under No. 2 paa 1ste Tavle. Da Punkterne *a*, *b*, *c* og *d* ere understöttede, saa ere og Linierne *ad* og *cb* hvilende, fölgelig sættes kun et triangelformigt Rum, som *chd*, paa eengang i Bevægelse. Hvorledes denne Triangels Bevægelse gientager sig i de övrige, skal endnu ikke her forklares. Naar *cd* nu stryges i *r*, saa böjer den sig, og svinger, lig en anslaaet Stræng. Som denne Side böjer sig saaledes böjer sig hele Fladen *chd*. Jo nærmere Delene er Knudelinierne, jo mindre maae deres Svingningsbuer være, og i den störste Nærhed ville de være saa svage, at de ei formaae at afkaste Stövet. Dersom alle med *cd* parallele Dele, i Fladen *chd*, böjedes ligemeget, saa vilde den derved frembragte Stövlinie overalt være lige breed; men da

Svingningsbuerne maae forholde sig som Afstandene fra *hc*, saa maae ogsaa Störrelsen af de Dele, som ikke kunne afkaste Stövet voxe i samme Grad, som Afstandene fra *h* aftage. Det er: om de hvilende Linier maae danne sig en Stövflade, hvis ydre Grændsers Afstande fra disse Linier staae i omvendt Forhold til Afstandene fra Skiæringspunktet *h*. Stövfladernes Grændser ere altsaa Hyperboler, og de egentlige Knudelinier ere disses Asymptoter. Man kan ogsaa indsee det samme paa en anden, om mueligt, simplere Maade. Fladen *chd* bliver nemlig, ved at böies, til en Kegleoverflade. Men den Spidsen *h* nærmeste Deel kan ikke böies saa stærkt, at den kan afkaste Stövet; altsaa dannes kun den nederste Deel af Keglefladen, hvoraf *chd* er Giennemsnittet. Dette Giennemsnit maae efter Keglens Natur og Svingningsbuernes ringe Omfang være en Hyperbol.

I Almindelighed har jeg iagttaget, at de to Hyperboler, som dannes i en Figur som 8 (Tab. 1), ikke have lige Afstand imellem deres Toppunkter, men at Linien *gk* f. Ex. er længere end *hl*. Heraf kommer den tilsyneladende Irregularitet i de förste Figurer paa anden Tavle, hvor dog den 4 og 5 fremstiller den noget for stor. Denne Omstændighed synes at reise sig af en Ulighed i Fladen, thi paa samme Tavle forekommer denne Forskiel altid i samme Stilling, enten jeg stryger i *c* eller *d*.

Hidindtil have vi intet Hensyn taget paa en Deel af Svingningerne som nödvendig maae frembringe nogen Uregelmæssighed i Hyperbolens Form, omendskiöndt Indflydelsen heraf ikke mærkes paa de mindre Plader. Ligesom en elastisk Fieder, hvis ene Ende er befæstet, naar den anden Ende drages op eller ned, ikke blot

svinger frem og tilbage om sit Bevægelsespunkt, men tillige böier sig, saaledes maae ogsaa *chd* Fig. 2, Tab. 1 böie sig noget i Retningen *eh*. Det Punkt *k* i denne Linie, som i et Öjeblik er Stedet for den störste Udhvelvning (Convexitet) vil i det næste Öjeblik være Stedet for den störste Indhvelvning (Concavitet). Paa dette Sted vil altsaa opstaae en Vexelvirkning, som der vil sammendynge större Stövmasser. Disses sees tydelig ved *abc* og de tilsvarende Steder i Figuren paa 4de Tavle, og desuden i enhver Figur som frembringes med et Pulver, som har nogle finere Dele, hvilke altid samles der. Denne Virkning forplanter sig imidlertid ikke tillige hen til de hvilende Linier; hvilket ligeledes kan sees i Figuren paa 4de Tavle.

Paa qvadratiske Glasskiver, af 8 Tommers Sidelinie, viser denne Vexelvirkning sig stærkere, og danner en bestemt Figur, hvor, paa Plader af 4 Tommers Side, blot samledes en Stövhob. Dette sees paa den 10 Figur (Tab. 2) hvor Linierne *klmn* forestille denne Figur. De have megen Lighed med Ellipser; men ere gemenligen ved *l* eller *m* mere böiede end denne krumme Linie. Dog har jeg fundet, at denne Uregelmæssighed ofte er meget liden. Jeg troer at den egentligen kommer deraf, at en saa stor Plade maae holdes af to Personer, medens den tredie stryger, hvilket ikke kan andet end give Anledning til nogen Ulighed. Naar man ikke holder paa alle fire Kanterne, men har dæmpet de tre, saa er denne Ulighed stor nok til at frembringe meget betydelige Böininger i Hyperbolernes Been, saaledes som de sees i Hyperbolen *a e d* og de övrige i Figur 10, Tab. 2. Naar Tavlen holdes regelmæssigst bemerkes disse Krumninger, saavelsom Uregelmæssig-

hederne i de elliptiske Figurer mindst. Jeg har altsaa Aarsag til at troe, at de gandske ville forsvinde, naar Pladen kunde haves fuldkommen eens heelt igiennem, og naar Understötningen overalt var fuldkommen lige. Jeg agter til videre Forsög at anskaffe mig en hertil passende Indretning, ved hvis Hielp jeg da ogsaa nærmere kan bestemme de elliptiske Figurers Natur, og afgiöre om de ere fuldkommne Ellipser eller ikke. Til den Tid vil jeg ogsaa tilbageholde Theorien om dette Forhold; thi vel er det let at see, at Figuren som frembringes ved denne Leilighed maae være Keglesnit; det er endog meget naturligt at disse kunne gaae giennem Keglens Axe, og altsaa være Ellipser, men over disses Stilling forefalde endnu adskillige Betragtninger, som jeg önsker ved Experiment at pröve, förend jeg forelægger dem offentligen. Paa den store Plade finder jeg desuden Anlægget til en ny Figur, som sikkert vil forekomme i en endnu större Flade.

Man kan tænke sig alle Keglesnittene frembragte ved Klangen. Dersom en Skive med en gandske fuldkommen Elasticitet kunde forene en Böielighed saa stor, at ingen Modstand fandt Sted, saa vilde Stövlinierne i en saadan falde sammen med de absolut hvilende Linier, og altsaa danne Triangler. Enhver seer at dette Tilfælde blot er tænkeligt, at man kun i Virkeligheden erholder ufuldkomne Nærmelser hertil. Hyperbolen er det Snit som sædvanlig frembringes; men intet hindrer, at jo Snittet kunde gaae parallelt med den modsatte Side af Keglen, og saaledes danne en Parabol, eller skiære Axen lodret eller skraat, og derved frembringe en Cirkel eller Ellipse. Især kunne de sidste Tilfælde lettest indtræffe i de Figurer, som opstaae ved den ovenomhandlede

Modvirkning. Paa meget store Skiver formoder jeg, at man vil finde alle Keglesnittene i forskiellig Afstand fra Midtpunktet.

Saa vidt före os Iagttagelser over Klangfigurerne frembragte ved tunge og grovere Pulvere; tager man derimod et saa fiint Stöv som Hexemeel, saa opdages endnu en Mængde Phænomener, som för aldeles ikke viste sig. Ved det förste Strög opstaaer en Mængde smaae Ophöininger, som alle bevæge sig hen mod de hvilende Linier, ved hvert Strög gaae de videre, indtil de danne en Figur af samme Omrids som det man erholder ved de grovere Pulvere. Den 3die Tavle forestiller en saadan Figur efter förste Strög, og den 4de Tavle viser samme fuldendt. Enhver seer let at de svare til Fig. 2 paa förste og Fig. 3 og 4 paa 2den Tavle. Det er tydeligt, at alle disse her frembragte Stövophöininger danne Hyperboler, hvis Toppunkter ved hvert Strög nærme sig mere og mere, indtil deres Afstand endeligen ikke kommer til at udgiöre mere end $\frac{1}{8}$ eller $\frac{1}{10}$ af hele Tavlens Giennemsnit.

Förend jeg gaaer over til at vise alt hvad der ligger i disse Forsög, er det först nödvendigt at undersöge de mindre Stövfigurers Natur.

Vel er det klart at de antyde mindre Svingninger, hvorpaa man för ikke har været opmærksom i de faste Legemer; men hermed vide vi endnu kun meget lidet om dem. De foregaaende Betragtninger have allerede viist, at den Handling, hvorved man frembringer Klangfigurerne, er langt fra at være saa enkelt, som

den ved förste Öiekast kunde synes. Man frembringer derved aabenbar en Bevægelse i flere forskiellige Retninger, eller rigtigere, man virker paa alle Legemets Dimensioner i samme Tid. Jeg har desaarsag forsögt Virkningen af mere enkelte Sammenstödningsmaader. Jeg tager en qvadratisk Plade af Glas eller Metal, bestöver den med Hexemeel, og holder den paa samme Maade som ved Frembringelsen af Klangfigurerne; derpaa tager jeg en Lineal, og slaaer med dens skarpe Kant paa det midterste Punkt i en af Sidelinierne, saa stærkt jeg kan, og saaledes at Slaget falder gandske lodret paa Linien og gaaer parallel med Skivens Overflade. Herved samler Stövet sig i Linier, som ere parallele med Stödets Retning. I disse Linier bemærker man atter adskillige Ophöininger og Fordybninger. Slaaer man sagte, saa giver Forsöget ikke samme Udfald, men danner uregelmæssig bölgede Linier, omtrent parallele med den slagne Side. Samme Udfald giver Forsöget, naar man slaaer en heel Kant paa een Gang med den jevne Side af Linealen, kun viser alt sig derved mere regelmæssigt.

Forklaringen over disse Forsög ere uden Tvivl fölgende: I det förste var Stödet kun rettet mod et Punkt, men da det ikke er muligt at meddele Legemet dette Stöd i et virkeligt mathematisk Punkt, saa erholder en vis endelig, skiöndt meget liden Deels Stödet, hvilket, som enhver veed, ikke kan udbrede sig giennem det hele Legeme i et Öieblik. Paa denne Deel Sammentrykning maae, i Fölge Elasticiteteins Love, fölge en Udvidelse, hvorved Nabodelene sammentrykkes, og derpaa ligeledes udvide sig, hvorved denne Be-

vægelse endelig meddeles giennem hele Legemet, og det i en Tid, som i Almindelighed er saa kort, at vi ei formaae at skielne dens Dele. Men i det alle Delene saaledes komme i Bevægelse, at enhver just maae udvide sig, naar Nabodelene sammentrækkes, saa hvile naturligviis de Dele, som ligge imellem to saadanne Bevægelser, og paa disse henkastes Stövet. I den Retning, hvori Stödet meddeles, er naturligviis Hastigheden störst, og desaarsag fölge Afvexlingerne desto snarere paa hverandre, saa at man ikke bemærker saa store Mellemrum mellem dem som mellem de til Siderne gaaende. Derfor synes Stövet ordnet i Linier. At man ved at slaae paa den hele Sidelinie af Qvadratskiven erholder Bölge-Linier, som ere parallele med den slagne Side, behöver nu neppe nogen videre Oplysning. Kun at Linierne ikke ere lige, kunde sætte os i Forundring, naar vi ikke vidste at Legemernes Kanter ere ujevne. Jeg maae overhovedet tilstaae, at jeg ikke engang har sögt at forskaffe mig Skiver med fuldkommen jevne Sidelinier, eller fuldkommen jevne Linealer til at slaae med, i disse Forsög. Den Omstændighed, at man, ved at slaae temmeligt sagte paa et Sted af Skivens Rand, erholdt det samme Udfald, som naar man slog paa en heel Rand, lader sig let forstaae, naar man tager i Betragtning, at Bevægelsen da er i Stand til at udbrede sig til hele Kanten, saaledes at den uden mærkelig Feil kan ansees for at have faaet en eneste Bevægelse, hvormed den da virker paa alle de övrige Dele. Ligger ikke Stödets Retning i den bestövede Overflade, men falder, det være sig enten lodret eller skiævt derpaa, saa erholder man lutter smaae Ophöininger, som ikke mere ere fordeelte i Linier. Det er aabenbart, at her, til de för omtalte Bevægelser, endnu kommer en nye, nemlig en

zittrende Bevægelse, i Retningen op og ned ad. Det er vel i Almindelighed klart, at disse Ophöininger maae opkomme ved Foreeningen af den op- og nedgaaende zittrende Bevægelse, med den som foraarsager Stövlinierne, men den bestemtere Forklaring herover, tiltroer jeg mig ikke her at give.

Det er ligegyldigt, naar man vil frembringe den her omtalte Bevægelse, enten man slaaer paa Kanten af Glasset, eller man slaaer paa et andet Sted af Overfladen; man erholder de samme Stövhöie, og i enhver af disse synes Stövet at være i en bölgende Bevægelse. Det fremlyser tydeligen, at det störste Virkningspunkt er i Midtpunktet af enhver af disse Ophöiningers Grundflade. Det er ogsaa i sig selv klart, at naar man slaaer paa et Punkt af en Overflade, saa vil dette Punkt, som bliver Midtpunktet for den fremkommende Stövsamling, erholde den störste Bevægelse, og saaledes i alle de tilsvarende Punkter.

Interessant er det at bemærke de tre forskiellige physiske Grader, der gives i den Lyd, som frembringes af en elastisk Skive. Den Lyd som frembringes, naar man blot slaaer paa en liden Deel af Fladens Kant, er intet uden et dump Brag, omtrent som naar man slaaer paa en Blok med en Hammer. Den Lyd, som erholdes naar Qvadratskivens hele Kant slaaes, er en Klappren. Den Lyd derimod som frembringes, naar man slaaer paa Overfladen selv, er en engentlig Klang. Naar altsaa en Klang skal frembringes, saa maae Legemets Dele i alle Dimensioner virke i Samfund. Herved har man dog endnu ingen Tone. Denne frembringes kun da, naar de mindre Zittringer ordne sig til et

symmetrisk Hele. Dette, skeer, naar man holder Skiven, som oven beskreven, og slaaer paa Overfladen ved Midtpunktet i en af Kanterne. Herved frembringes da ogsaa en Klangfigur, skiöndt ikke af saa regelmæssig Skiönhed, som naar Kanten stryges med en Bue. Vi see altsaa, at Legemernes meest fuldendte og i sig harmoniske Bevægelse er den, som ogsaa igiennem Öret frembringer det dybeste Indtryk paa vor indvortes Skiönheds Sands. Herved troer jeg at den förste physiske Definition, paa de forskjellige Lydarter, at være given. Ved Hielp af disse Bemærkninger, kunne vi bringe mere indvortes Sammenhæng og Enhed i Læren om Lydens Frembringelse.

Man har, som bekiendt, i lang Tid været enig om, at Lyden i Luften frembringes ved en Mængde af smaae Sammenpresninger og Udvidelser, som med en overordentlig Hastighed fölge hinanden. I de flydende Legemer fandt man lignende, og maatte altsaa ogsaa der erkiende samme Naturens Fremgangsmaade, naar man ikke, til Gunst for en Fordom, vilde tillægge iblandet Luft denne Virkning. I de faste Legemer derimod synes det, at ingen, med Bestemthed, har tænkt sig samme Mechanismus. Nu ligger den os da for Ojnene i et Experiment, og jeg haaber, at det som vi der opdage endog skulde udbrede nyt Lys over Lydbölgerne i Luften selv, men jeg tillader mig, at forbeholde disse Undersögelser for en anden Afhandling. Herved hæves nu tillige en Strid mellem nogle ældre og nyere Physikere. Hine antoge, at Lyden som opvækkes i de faste Legemer, foraarsagedes af de mindste Deles Svingninger, disse mene, at alt kommer an paa visse Hovedafdelingers hele Svingning.

Ved *Chladnis* Forsög blev det vist, at hine, som tillagde disse mindste Deles Svingninger alt, have været eensidige; ved disse nye Forsög vises, at de som tillægge Hovedsviningerne Alt, ligeledes gaae for vidt. Lyden er Foreningen af begge Svingningsarter. Selv en spændt Stræng, maae foruden sine Hovedsvingninger have disse underordnede, som jeg vil kalde Undersvingninger. Man kan ikke tvivle herom, naar man blot betænker, at den Deel, som i en given Tid faaer et Stöd, muelig en paa samme Tid kan meddele det til andre. Heraf fölger, at man maae betragte den stödte Deel som understöttet af de omliggende Dele, saa at der maae fremkomme saa mange smaae Svingningsknuder, som en saadan svingende Underdeel indeholdes i hele Strængen. Erfaringen bekræfter ogsaa denne Paastand; thi naar man lægger en nogenlunde tyk Metaltraad saaledes, at dens Endepunkter ere understöttede, bestöver den med Hexemeel, og slaaer derefter hastigt men ikke voldsomt derpaa, saa danner sig en Mængde af smaae Stövophöininger, hvilke ere saaledes beskafne, at man tydeligen kan bemærke Afvexlinger af mere og mindre bevægede Dele deri. Man kan ogsaa i Stedet for en Metaltraad tage en Pibestilk.

Herved er jeg bleven foranlediget til, nærmere at undersöge det bekiendte Experiment, hvori en Pibestilk som hænger i to Haar slaaes i Stykker uden at disse sönderrives med. Den Hastighed, hvormed Slaget falder, giver Anledning til at formode, at deri maatte findes adskillige Svingningsknuder, fölgeligen ogsaa Punkter, hvori Svingningen er paa sit Maximum. I saadanne Punkter maae nu Pibestilken som en skiör Materie sprin-

ge. Hermed stemmer Erfaring overeens, thi en Pibestilk, som sönderslaaes med den behörige Hastighed, springer altid i mere end to Stykker. De Punkter som hvile paa Haaret blive i dette Tilfælde dæmpede Punkter, og desaarsag kan Haaret ikke gaae i Stykker. Derimod er det falsk, naar man troer at Haaret slet ikke modtager nogen Bevægelse. Ieg har anstillet Forsöget saaledes, at to Personer holdt Haaret, medens jeg overslog Pibestilken, og altid fölte de derved et Ryk i Haanden, skiöndt Haaret forblev heelt.

Efter denne temmelig vidtlöftige Digression, vender jeg tilbage til Førsögene paa Qvadratskiven. Det er klart, at ethvert Strög med Violinbuen maae frembringe en Bölgebevægelse i alle Retninger; og disse Lydbölger er det vi see i de her omtalte Forsög. I hver af disse smaae Stövbölger seer man en indvortes Bevægelse, fra Midtpunktet ud ad. Man bemærker ogsaa tydeligen en Art af Rotation deri. Paa större Skiver bemærkes alt dette bedre end paa smaae. Grovere og tungere Stövdele kastes ud af Stövbölgerne, hvorved man end videre overbevises om en centrifugal Krafts Tilværelse deri. Bölgerne vorde mindre, jo nærmere man kommer Midtpunktet. Tilsidst blive de saa smaae, at man ikke formaaer at skielne dem fra Stövkornene selv, og her maae altsaa Bevægelsen ophöre, efterdi ethvert Stövgran kommer til at standse mellem modsat svingende Punkter. Ogsaa i de med Kanten parallele Linier sees Lydbölgernes Störrelse at aftage ved Svingningsbuerne. Jeg kan ikke holde mig fra den Tanke at Lydbölgerne, i Fölge heraf, ogsaa maae fölge paa hinanden med större Hastighed i disse Dele. Dette stemmer

ogsaa fuldkomment med Theorien. Strængens Svingninger maae sammenlignes med Pendulets, og fölgeligen har, i en spændt Stræng, de Dele, som ere Befæstningspunkterne, nærmere en Tendents til hastigere Svingninger end de længere fraliggende. Herved forklares Lydbölgernes Formindskning i den med Kanten parallele Retning. I den paa samme lodrette Linie aftager ligeledes Lydbölgernes Störrelse. Forklaringen er her ikke vanskelig. Man kan forestille sig Tavlen sammensat af lutter Strænge parallele med en af Sidelinierne. I det triangelformige Rum *chd* (Fig. 2 Tab. 1) aftager disse Strænges Længde, som Afstandene fra Sidelinierne. Hastigheden i deres Svingninger maae alsaa tiltage i samme Grad, efter den Lov, at Hastighederne, hvormed Strængene svinge, forholde sig omvendt som disses Længder. Den indre Bevægelse voxer altsaa i Intensitet som den ydre aftager i Omfang. I de hvilende Dele hersker altsaa en overordentlig stærk indvortes Bevægelse, som fortsætter sig ud over den anden Side, hvor den aftager, og forvandler sig til udvortes Svingninger, efter de samme Love, hvorefter den först dannedes af saadanne.

Herved haaber jeg at have giort det begribeligt, hvorledes Bevægelsen kan forplante sig ud over de hvilende Punkter, hvilket man uden dette neppe kunde giöre klart.

Det torde vel ogsaa være muelig heraf at forklare hvorledes en Stræng eller Plade, efterat have givet Hovedtonen, i Efterklangen giver en Stigende Række af andre vel mindre hörbare, men höiere Toner. I Begyndelsen overdöves de höiere Toner af

de lavere, som har en större Svingningsbue. Efterhaanden bliver den större Svingning svagere, men de mindre beholde endnu deres Zittringer, fordi de vare hæftigere. Saaledes trænger lidt efter lidt en höiere Tone frem for Öret, skiöndt altid med mindre Svingningsbuer, altsaa mindre hörbare.

At herved Strængen efterhaanden inddeles i nye Hovedafdelinger, er begribeligt. Jeg forbeholder denne Undersögelse for Fremtiden, dersom ikke en mere Musikkyndig end jeg vil tage sig af den.

Man kan endnu giöre Lydens Mechanismus mere kiendelig ved fölgende Experiment. Man lægge paa den ene Rand af den Qvadratiske Skive, en Række af smaae Dynger af Hexemeel, og frembringe derpaa en Tone. Man vil strax faae at see, hvorledes disse Stövdynger samle sig i smaae Höie, hvilke bevæge sig i krumme Linier, hvis Convexitet vender sig mod Strögets Retningslinie, hen mod de Steder hvor Klangfiguren skal dannes. Lægger man Stövet paa det Sted, som i Figuren paa fierde Tavle er betegnet med *abc*, saa kastes de derfra baade frem, og tilbage mod Kanten.

Begge disse Forsög findes afbildede under eet i Fig. 11 Tab. 2. Den nederste Deel af Figuren fremstiller det förste, den överste derimod det sidste. Man seer let af disse Retningslinier, at Tavlen maae være vel overströet med Stöv, især mod Midten, naar Toppene af Hyperbolerne skulle uddannes. Man vil ogsaa i denne Figur see, skiöndt ikke saa tydeligt som i Virke,

ligheden, at Lydbölgerne komme hinanden desto nærmere, jo nærmere de komme Knudelinierne. Man seer ligeledes, at de i samme Grad vorde mindre.

Det samme som bemærkes i det her omtalte vidtlöftigen beskrevne og afvexlede Forsög, viser sig ogsaa, med Modificationer, som let forudsees, i alle andre Forsög med Klangfigurerne. Her at give flere Afbildninger, vilde altsaa være overflödigt, og det saa meget mere som alt dog tydeligere sees i Virkeligheden. Kun paa det Forsög, hvorved *Chladni* frembringer en Cirkel paa en rund Skive, vil jeg endnu giöre opmærksom. Den *Cladniske* Afbildning sees Fig. 6 Tab. 1; den med Hexemeel frembragte sees Fig. 9 Tab. 2. For at anstille dette Forsög holder man Skiven et Sted nær ved Peripherien, og stryger derpaa Kanten lige for Fingeren. Man seer i min Afbildning og endnu bedre i Forsöget selv, hvorledes Stövet fra begge Sider bevæger sig hen mod dette Punkt, og egentlig danner en dobbelt Kreds, som endeligen falder sammen til een. Stryger man 45 Grader fra dette Sted, saa erholder man Fig. 8 Tab. 2. Stryger man noget nærmere Holdningspunktet, saa erholder man 6, 8, 12 o. s. v. Hyperboler altid desto flere jo nærmere man kommer det. Toppunkterne af disse Hyperboler ligge alle omtrent lige langt fra Midtpunktet, og ere desto længere fra hinanden jo flere der ere. Naar man altsaa stryger lige for Fingeren, maae de danne en Kreds. Denne Overgang sees særdeles tydelig i nærværende Figur, fordi de mangfoldige underordnede Svingningsknuder endnu ere blevne tilbage. Dog er det vel at mærke, at i det Ströget gaaer over til Cirkelfrembringelsen, sættes ogsaa Midtpunktet med i Bevæ-

gelse, og hæver sig og synker vexlende. Den indre Deel af Skiven danner derved uden al Tvivl et Kugelsegment, hvoraf den frembragte Cirkel er Omkredsen.

Vi have nu seet det væsentligste i den mechaniske Virksomhed, som Lydfrembringelsen medförer. Der gives endnu en anden Art af Virkning i disse Forsög, hvilken jeg her vil stræbe at fremstille og forklare. Hovedsagen bestaaer deri, at Stövet hænger fastere ved Pladen i Klangfigurerne end andensteds. Underögelsen herover har jeg gientaget langt oftere end man ellers pleier at holde fornödent, for at overbevise sig om Rigtigheden af et Forsög, og altid har jeg faaet samme Udfald. Ikke blot Hexemelet men endog Sand viser denne Vedhængen. Metalfiilspaaner derimod vise denne Egenskab i meget ringe Grad. For at finde dette Særsyn behöver man blot at vende Pladen, hvorpaa man har frembragt Figuren, om, saaledes at Stövsiden vender ned ad, og derpaa slaae bag paa den med den flade Haand, dog saaledes at ingen Tone frembringes. Naar man nu vender Skiven om, saa seer man, at Stövet er faldet af den hele imellem Stövlinierne indsluttede Plads, saa at man seer et Stierneformigt Rum i Midten næsten gandske blottet for Stöv. Ligeledes falder Stövet af alle de Steder paa Pladen, hvor det ikke ved Klangen er blevet henkastet. En fiin Stövhinde, i alle sine Dele Klangfigurens Omrids lig, bedækker alsaa Tavlen, efterat man har bortslaaet det som let lader sig afslaae.

Man kan bruge denne Egenskab til at forskaffe sig Aftryk af Klangfigurerne. Man overdrager nemlig et Stykke sort Papiir

med Gummi Vand, og naar dette er saa vidt törret, at det endnu er klæbrigt, lægge man Pladen, hvoraf man har bortslaaet det overflödige Stöv, derpaa. Naar man har presset det vel tager man Pladen af, og klæber det, medens det endnu er fugtigt, paa Glas, saa kan man være sikker paa bestandigen at bevare et saadant Aftryk, hvilket, naar det er lykket vel, er nöiagtigere end den bedste Tegning.

Det vil lettelig falde enhver ind at forklare denne Vedhængen mechanisk. Man vil ved förste Öjekast, forestille sig, at Stövet lettest maae falde af, der hvor det meest har sammendynget sig; Men denne Mening vilde ikke stemme med Forsögene. Naar man har giort Forsögene med Sand som har været meget tyndt paaströet, saa hæfter det næsten alt ved Klanglinien, og det med en Fasthed, som ikke kan andet end opvække Opmærksomhed. Naar man har foretaget Forsöget med Hexemeel, og fortsætter Strygningen, indtil Klangfiguren er kommen inden meget snævre Grændser, saa har Stövet ogsaa udbredt sig over de hvilende Linier, efterdi det saa stærkt var blevet opdynget ved deres Kant. Naar man nu slaaer dette af, saa blottes de hvilende Linier gandske for Stöv, medens de egentlige Stövlinier tilbeholde det meste af deres tilbage. Her er det rigtig nok Tilfældet, at Stövet falder af de Steder som ere stærkest belagte dermed; men naar man forsöger at slaae Stövet af en saadan Figur, strax efter förste Strög, da det indsluttede Rum i Klangfiguren aldeles ikke er belagt med tykkere Stöv, end för Ströget, falder Stövet dog meget fuldkomnere af det indsluttede Rum end

af Stövlinierne. Her strækker altsaa heller ikke hin mechaniske Forklaring til.

Denne Stövets Vedhængen synes altsaa at röbe en electrisk Virkning, som den der kunde frembringe de her omtalte Særsyn, med Tiltrækninger og Frastödninger. Den naturligste Tanke er den, at Stövet, hvilket vi af Erfaringen vide vorder electrisk ved at udrystes, hæfter sig fastere til de Steder, som ved Zittringerne erholde den modsatte Art af Electricitet, og derimod kommer til at ligge lösere paa de Steder, som erholde den af samme Art. At Skiven ved den indvortes Zittring erholder Electricitet, kan ikke forundre os, da enhver Gnidning, ethvert Stöd, o. s. v. sætte Legemerne i electrisk Virksomhed. Men dersom denne Forestillingsmaade var rigtig, saa maatte saadanne Stövarter, som ved Udrystningen vorde positiv electriske, hænge ved de Steder, som mindst holdt fast paa de negativ electriske Stövarter; men dette er ikke Tilfældet. Det udrystede Stövs Electrisitet har ingen Indflydelse paa Klangfiguren. Videre er det vel at mærke, at den samme Art af Vedhængen ogsaa finder Sted paa Metalplader, selv paa uisolerede. De paa de strögne Plader forefunde Adhæsionsforandringer kunne altsaa neppe tilskrives en Electricitet, som vi opdage ved Electrometret.

Uagtet alt dette, behöve vi dog ikke gandske at forkaste Tanken om electrisk Virkning i disse Forsög. Ved de Undersögelser over de finere Electricitetsgrader, hvilke de nyere Tider have skiænket os, vide vi, at meget svage Electriciteter ingen saadan Isolation behöve, og dog ved deres Qvantitet kunne virke

betydeligt. En saadan Electricitet er det uden Tvivl som opvækkes ved Tonefrembringelsen. Det er en bekiendt Erfaring, at naar to Legemer af samme Art rives mellem hinanden, saaledes at det ene lider en stærkere Virkning end det ander, saa erholder det stærkest revne, negativ Electricitet, det svagere revne derimod positiv. Saaledes synes det ogsaa her rimeligt, at de Deele, hvor de svageste indvortes Zittringer have fundet Sted, maae være blevne positiv electriske, de derimod, hvori de heftigste fandt Sted, maae have erholt negativ Electricitet. Det er med andre Ord, de Dele, som have havt de störste udvortes Svingninger, hvorfra altsaa Stövet blev bortkastet, ere blevne positive i Forhold mod Knudelinierne, som ere blevne negative. Jeg forestiller mig videre, at det Stöv, som ligger paa ethvert Sted, deeltager, under Svingningerne, i Electriciteten af det Sted, hvorpaa det ligger.

Naar altsaa Stövet kastes fra et af de Steder, som har en betydelig Svingningsbue, saa modtager det derfra en svag positiv Electricitet, hvorved det kommer til at hæfte mere ved de negative Dele, i Nærheden af de hvilende Linier. Paa de egentligen hvilende Steder faaer Stövet samme Electricitet som disse have, men da det ikke afkastes, saa forbliver det i Beröring med Dele, som have samme Electricitet som det selv, hvoraf en formindsket Adhæsion nödvendig maae fölge. Den samme Modsætning, som finder Sted med Hensyn paa hele Klangfiguren og hele Tavlen, finder ogsaa Sted mellem de underordnede Lydbölger og enkelte Dele af Tavlen. Omkredsen af enhver af de smaae Stövophöininger er det samme for en lille Deel af Pladen, hvad de

store Stövlinier ere for hele Pladen. Adhæsionen behöver heller ikke der at være mindre, thi er end den electriske Modsætning der mindre, saa har Stövet heller ikke en saa lang Vei, at giennemlöbe, og taber fölgeligen saa godt som intet af sin Electricitet paa Veien.

De Undersögelser jeg i Korthed her har fremsat, tillade en meget vidtlöftigere Anvendelse end blot i Læren om Lyden. Ethvert Stöd frembringer en zittrende Bevægelse i Legemerne, og denne udbreder sig deri, efter samme Love, som ved Lydens Frembringelse, eller meget mere, ethvert Stöd, som ikke er alt for svagt, frembringer en Lyd, og selv det svageste vilde frembringe en saadan, naar Höreredskaberne havde en större Fiinhed. Vel gives der Legemer af en saa ringe Elasticitet, at Zittringerne deri maae være overordentlig svage; men saa lidet som der gives et absolut uelastisk Legeme, saa lidet gives der noget, hvori Zittringerne aldeles ikke fandt Sted. Jeg troer derfor at man, paa samme Vei, hvorpaa vi have naaet Kundskab om Klangfigurerne, ogsaa maatte være i Stand til at finde Oplysning om Legemernes Forhold ved Bevægelsens indre Forplantning, og om dennes Forhold til Elasticiteten. *Chladni* har allerede heldigen anvendt Longitudinalsvingningerne til Bestemmelse af Legemers Elasticitet. Jeg troer, at adskillige af de her anförte Forsög ville allerede bidrage noget til Bestemmelsen af Stödets indre Mechanismus; men sikkert er endnu det meste tilbage. Imidlertid tör man haabe, at Udviklingen af dette vigtige Capitel af Physiken vil gaae frem med störe Skridt, naar man först med Klar-

hed indseer at Læren om Lyden, og Læren om den indre Bevægelse, er et og det samme.

Mærkværdigt er det ogsaa, i Klanglæren at see, hvorledes den ydre Bevægelse gaaer over til den indre. Med den indre Bevægelse, som vi blot ved Slutninger kunde opdage, men ikke med Sandserne bemærke, syntes en stærkere electrisk Virkning forbunden. Tydeligere, end Experimentet kunde vise os det, maatte vi allerede af Tingens Natur kunne indsee, at der under saadanne Forhold maatte frembringes Electricitet, saa vist som Rivningen frembringer denne Virkning. Skulde det altsaa ikke være muligt, at Totalbevægelsen, forvandlet i en giennemtrængende Deelbevægelse, tillige gik over fra en blot mechanisk Bevægelse til en Kraftopvækkelse? (At jeg ikke tager dette Spörgsmaal i den Betydning, som den, hvori det maatte være taget for 20 Aar siden, haaber jeg at turde forudsætte.) Mig er Tanken gandske klar, og feiler jeg ikke, maae enhver, som forstaaer noget derved, finde den saaledes.

Af Electricitetsfrembringelsen ved Lyden lader sig uddrage adskillige vigtige Fölger for Hörelsens Theorie. Jeg benytter mig herved af adskillige fortræffelige, Bemærkninger som Ritter, (han har, paa en anden Vei, fundet en lignende Tanke) i Anledning af den förste Notits om nogle af mine her foredragne Opdagelser bekiendtgiorde i Voigts Magasin für das neuste aus der Naturkunde 9ter Band S. 33 o. f. Han bemærker, at naar en Stræng böies, og derved udvides mere paa den ene Side end paa den anden, saa maae den ene Side faae en större Bestræbelse til

at vorde positiv, den anden til at vorde negativ electrisk. Ved hver Svingning, hvorved den Deel, som för var indhvelvet, nu vorder udhvelvet og omvendt, forvexle Delene deres Tilstand. Ligesaadan gaaer det med Luften. Den Sammenpresning, og derpaa fölgende Udvidelse, som finder Sted i enhver Lydbölge, giver en lignende electrisk Afvexling. En saadan Afvexling af electriske Tilstande maae ogsaa finde Sted i Öret. Men enhver Overgang fra en electrisk Tilstand til en anden, giver et Stöd, dette være nu nok saa svagt. Ved enhver Lyd fölge en Mængde saadanne Stöd paa hinanden. Hver af de foregaaende Tilstande forbereder Organet til en större Fölsomhed for den efterfölgende; thi vi have lært af Erfaring, at en Deel af Legemet, som har været i den positiv electriske Tilstand, derved er bleven mere fölsom for Indvirkningen af den negative Electricitet end forhen, og omvendt. Den hyppige Afvexling forüger endnu Örets Fölsomhed. Man seer deraf, at den Mængde af Electricitet, som udvikles ved et Stöd, forenet i en Ladningsflaske, umuelig kunde frembringe den Virkning, som denne Række af smaae Afvexlinger thi disse, siköndt de hver for sig intet udrette, danne, naar de fölge hinanden i saa smaae Tidsrum, at hver for sig ikke kan mærkes, et Heelt, og fornemmes som saadant. Jo hastigere de fölge paa hinanden, jo fuldkomnere Continuum danne de. Ligesom den Ildvei, en omsvinget Brand beskriver, desto fuldkomnere udgiör en uafbrudt Linie, jo hastigere Svingningen gaaer for sig, saaledes erholder ogsaa Tonen desto mere Gedigenhed, Eenhed og Individualitet, jo nærmere dens Elementer rykke mod hinanden. Jo mindre alt dette finder Sted, jo mere almindelig, ubestemtere, oplöst, ligesom dybere, er Tonen. Den-

ne drager Siælen ned, hiin op til sig. Meget lod sig her sige om Brugen af höiere og dybere Toner i Livet; hvorledes Sorg og Fryd, hver har sine egne, den förste i Mol den anden i Dur, medens det Höje, langt over begge kun i den störste Omfatning, og Ophævelse af hver Forskiel, vover at forkynde sit Udtryks Fylde.

Til disse Ideer, som vel er det störste der nogensinde er sagt om Tonerne, föier *Ritter* endnu, at Intervallerne mellem to Lydsvingninger tilsidst kan vorde saa korte, at de ikke tillade Öret den nödvendige Udhvilning, hvorhos da hvert Indtryk selv vorder for kort, og for lidet stærkt, til overhovedet at afficere. Her forsvinder Tonen efterhaanden for Öret, den hele Virkning vender sig fra samme til et höiere Organ, til Öiet, Tonen gaaer over til Lys. Man forestille sig en spændt Stræng fuldbyrde sine langsomste Svingninger, vi ere i Stand til med Öiet at skielne enhver Svingning. Lad Hastigheden tiltage, og vi skielne nu ikke mere enhver Svingning fra den anden, vi see kun det hele Rum, hvorigiennem Strængen svinger, opfyldt af den. Mellem det Punkt, hvor denne de enkelte Svingningers Synbarhed ophörer, til det hvor den dybeste Tone begynder, gives der en Pause. Man forestille sig nu Svingningerne gaae frem med stigende Hastighed, og frembringe höiere og höiere Toner; tilsidst vil Svingningernes Hastighed vorde for stor til at fattes med Öret. Svinningerne vedblive at stige, og efter et Mellemrum, som det der gives mellem den hastigste enkeltsynbare Svingning, og den laveste Tone, ville Svingningerne her hæve sig til Frembringelsen af den dybeste Farve. Den træder saaledes frem i mat blaa Dæm-

ring for Öiet, og med stigende Svingninger opklarer det sig til höiere og höiere Farver, og giennemlöber saaledes alle prismatiske Farver, indtil de have naaet det meest levende Rödt. Efter denne Forestillingsmaade blev nu i den store Skale af Sandsefornemmelser, den ene Sandsningsart en Octav af den anden, og alle underkastede de samme Love. Alle Fornemmelser altsaa hidröre fra den samme oprindelige Kraft, der i Lyset virker *in puncto*, i Galvanismus derimod udbreder sig i et Rum, hvor den dog saaledes giennemlöber alle Svingningsarter, at den vorder fornemmelig for enhver Sands.

Sammenfatte vi nu alt det i Eet, hvad nærværende Undersögelse har viist, saa kunne vi ikke andet en tabe os i den dybeste Beundring, af den Mangfoldighed, det Liv, den Harmonie, som er indsluttet i en Tone. Man tænke sig en Klangfigur. Dele saa smaae, at de ikke mere kunne skiælnes med det blotte Öie, forene sig til en lille Klode, der atter bevæger sig frem, for at danne en Deel af et större System, og saaledes vilde der bestandigen opstaae nye og större Sammensætninger, naar ikke vore Redskabers Störrelse tilsidst satte os Grændser. Man forestille sig nu videre, hvorledes hver af de mindre Svingninger optager sin bestemte Plads, og ikke kunde indtage en anden, uden at forstyrre det Heles Symmetrie. Man tænke sig, hvorledes disse harmoniske Svingninger giennemvandre hele Luften, i samme Orden, hvori de udbredtes fra det svingende Legeme. Hvilken stor og dybt indgribende og derhos i sig selv nödvendig Overeenstemmelse, hvilket Spor af en alt giennemtrængende Fornuft. Vi indsee her tydelig, at det ikke er den mechaniske Sandsepir-

trænger vort hele Væsen med Vellyst. Hvilken Höreren ubevidst Dybsind ligger ikke skiult i en eneste Accord, hvilken uendelig Arithmetik i en heel Symphonie! Og nu hermed forbundet de usynlige Former, som i dunkle Anelser træde frem for vor Siel, medens Tonerne strömme ind i Öret. I Sandhed, vi kan med Glæde, og Triumph over vort aandelige Væsens Adel gientage, at det som i Tonekunsten henriver og tryller os, og lader os glemme alt, medens vor Siæl svæver hen paa Toneströmmen, det er ikke spændte Nervers mechaniske Pirring; men det er Naturens, dybe, uendelige, ufattelige Fornuft, som igiennem Toneströmmen taler til os.

Fig. 1.

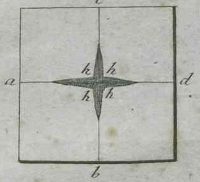


Fig. 2.

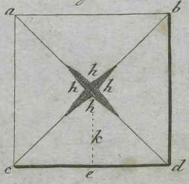


Fig. 3

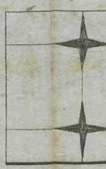


Fig. 4.

Fig. 5.

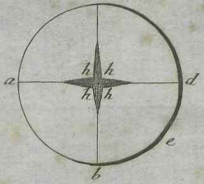


Fig. 6

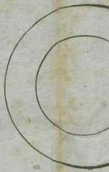


Fig. 7.

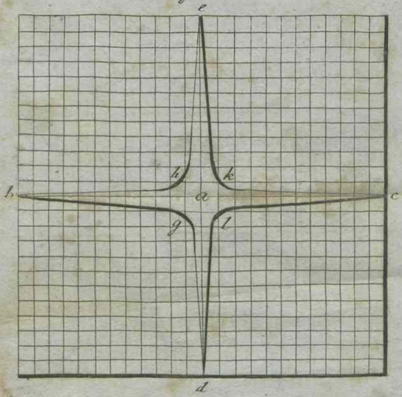
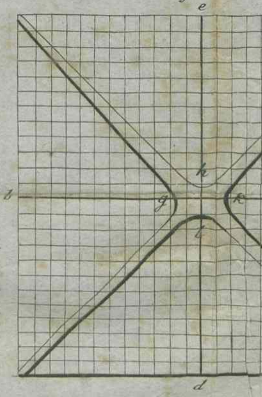


Fig. 8.



Vid: Selſ: Skriv: 5 Bind 2 Hefte.

ren, som behager os i en Tone, men det Spor af usynlig Fornuft, som ligger deri. Og nu en Toneström, som giennemtrænger vort hele Væsen med Vellyst. Hvilken Höreren ubevidst Dybsind ligger ikke skiult i en eneste Accord, hvilken uendelig Arithmetik i en heel Symphonie! Og nu hermed forbundet de usynlige Former, som i dunkle Anelser træde frem for vor Siel, medens Tonerne strömme ind i Öret. I Sandhed, vi kan med Glæde, og Triumph over vort aandelige Væsens Adel gientage, at det som i Tonekunsten henriver og tryller os, og lader os glemme alt, medens vor Siæl svæver hen paa Toneströmmen, det er ikke spændte Nervers mechaniske Pirring; men det er Naturens, dybe, uendelige, ufattelige Fornuft, som igiennem Toneströmmen taler til os.

Tab. I.

Fig. 1.

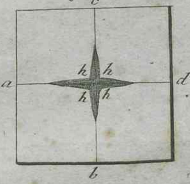


Fig. 2.

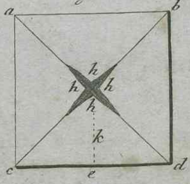


Fig. 3.

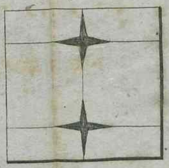


Fig. 4.

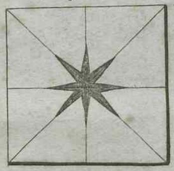


Fig. 5.

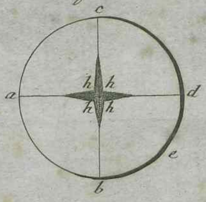


Fig. 6.

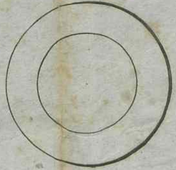


Fig. 7.

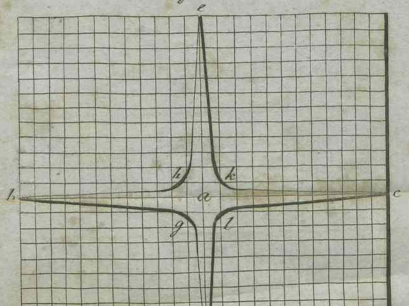
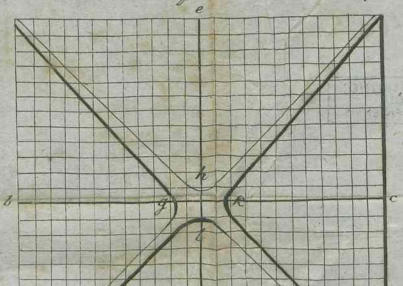


Fig. 8.



Vid: Selsk: Skriv: 5 Bind 2 Hefte.

Stukket af Fridrich.

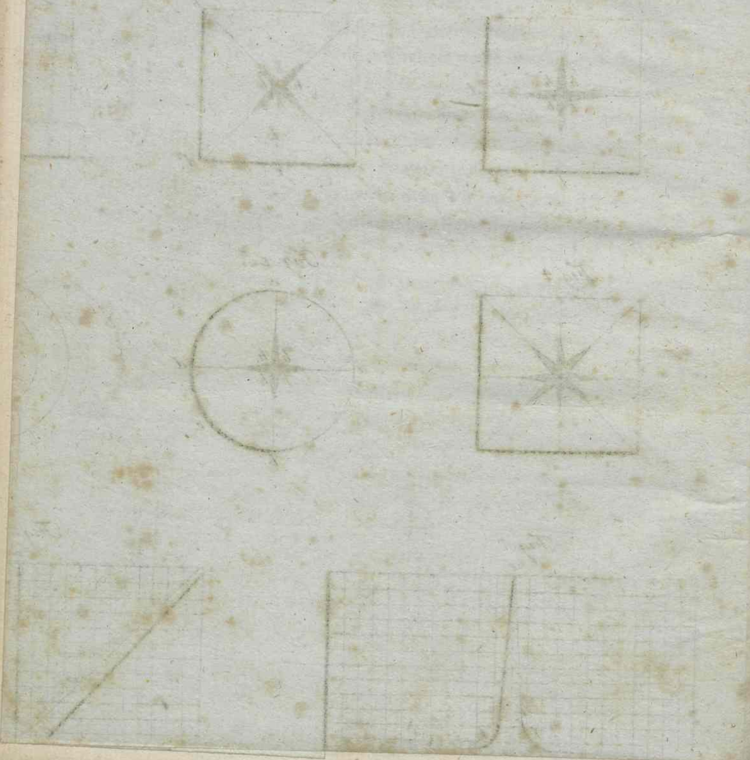


Fig. 1.

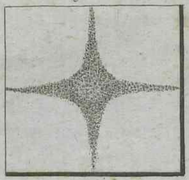


Fig. 2.

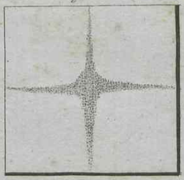


Fig. 3.

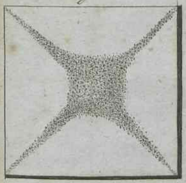


Fig. 4.

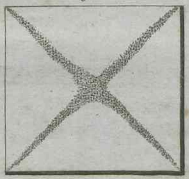


Fig. 5.

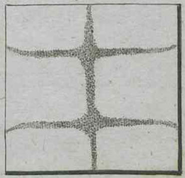


Fig. 6.

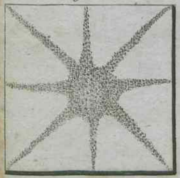


Fig. 7.

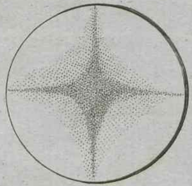


Fig. 8.

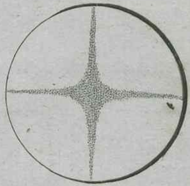


Fig. 9.

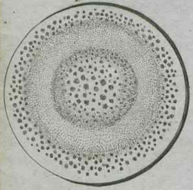


Fig. 10.

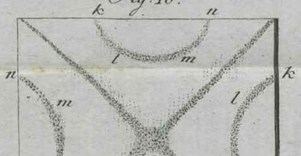
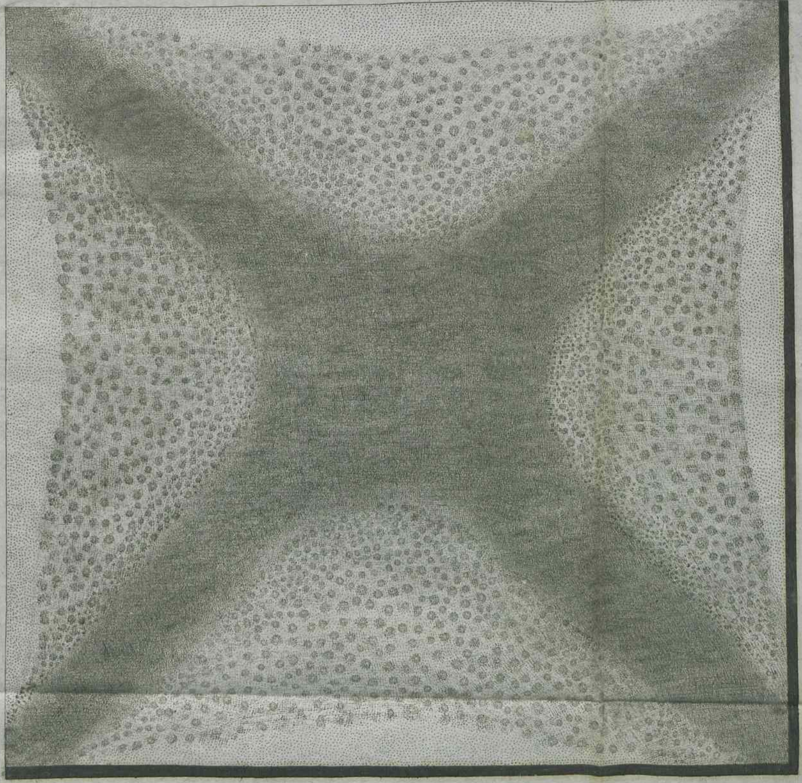


Fig. 11.

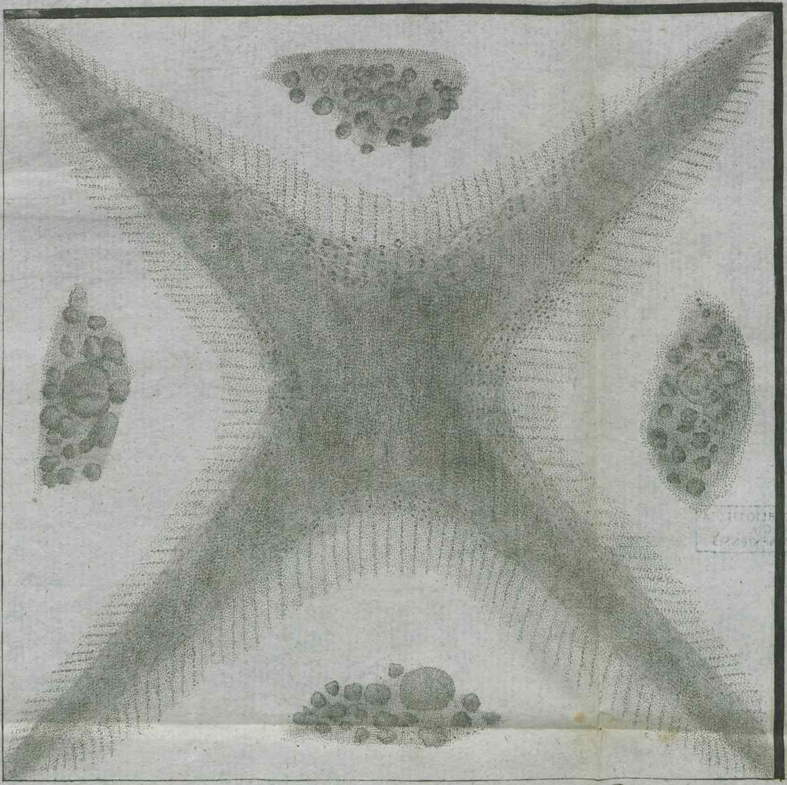
Vid. Selſ. Skriv. 5 Bind 2 Hefte.

Tab. III.



Klangfigur med Hexemeel, efter förste Strög.

Vid: Self: Skriv: 5 Bind 2 Hefte.



Fuldstændig Klangfigur med Hexemeel.

Vid: Selsk: Skriv: 5 Bind 2 Hefte.